

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛИГРАФИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

УДК 658.3

Е. В. Барковский, магистрант (БГТУ);

Д. М. Медяк, кандидат технических наук, доцент (БГТУ);

М. И. Кулак, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой (БГТУ)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗНОСА ОФСЕТНОГО ПОЛОТНА

В статье представлена модель износа офсетного полотна. Построена зависимость изменения фрактальной размерности от количества листопрогонов. Приведены результаты обработки данных эксперимента, описывающие кинетику износа офсетного полотна на протяжении всего периода его эксплуатации.

A model of wear of blanket is presented in the article. The dependence of change of the fractal dimension of the number of sheet pass is constructed. The results of processing of the data of experiment describing kinetics of wear of blanket throughout the entire period of its operation are given.

Введение. Изнашивание — процесс разрушения и отделения частиц материала от поверхности офсетного полотна или накопления в нем остаточной деформации. Процесс изнашивания может выражаться в единицах длины, объема, массы, параметрах физических, химических, энергетических свойств и структуры материала.

Необходимость в исследовании износа офсетных полотен основывается на интенсивном развитии технологии печатных процессов, появлении новых материалов и оборудования для их изготовления, а также потребностями печатных процессов и возрастающими требованиями к качеству печатной продукции.

Механизмы износа. В настоящее время разработан ряд теорий трения и износа деталей машин, из которых можно выделить наиболее полно объясняющие сущность происходящих явлений в различных условиях эксплуатации материалов. К таким теориям относятся деформационно-адгезионная, молекулярная, молекулярно-механическая, молекулярно-кинетическая, структурно-энергетическая. С позиции последней наиболее полно и всеобъемлюще объясняется сущность износа офсетного полотна и тиражестойкости печатных форм. Она наиболее полно объясняет явления, происходящие в зоне печатного контакта в прямых и косвенных способах печати [1].

В результате систематического исследования процессов трения и износа деталей машин профессор Костецкий Б. И. сформулировал основные положения структурно-энергетической теории, базирующейся на законах термодинамики

необратимых процессов. Разработана классификация видов износа по процессам. Согласно структурно-энергетической теории в поверхностных слоях материала при трении и износе возникают и развиваются физические, химические и механические процессы. Они возникают под влиянием внешних механических воздействий, окружающей среды, теплоты трения. Наиболее существенное влияние на развитие износа оказывают процессы окисления, схватывания, абразивные и усталостные воздействия.

В зависимости от условий трения и одновременного влияния различных факторов образуются условия, обеспечивающие развитие одного процесса и оказывающие меньшее влияние на другие процессы. Различные процессы имеют разные скорости, поэтому преимущественно развивается тот процесс, для которого появляются наиболее благоприятные условия. В любых условиях эксплуатации деталей трением существует процесс, протекающий с наибольшей скоростью. Его называют ведущим. Вид износа определяется процессом, протекающим с максимальной скоростью.

В работах Б. И. Костецкого обосновано разделение всех процессов поверхностного разрушения на теоретически и практически допустимые и недопустимые, которые приводят к повреждаемости материалов. К первым относятся механохимический нормальный окислительный; механохимический нормальный износ пленок неокислородного происхождения; механохимическая форма абразивного износа (особо выделяется окислительное изнашивание как устойчивый нормальный механохимический

процесс). Ко вторым – схватывание первого и второго рода; фреттинг-процесс (схватывание, динамическое окисление); механическая форма абразивной повреждаемости (резание, царапание, пропахивание); усталость при качении; другие виды повреждаемости (коррозия, эрозия, смятие).

При установившемся износе скорость разрушения при трении поверхностей не должна превышать скорости процесса, определяющего вид изнашивания. Износостойкость при окислительном изнашивании определяется интенсивностью образования и свойствами вторичных структур, возникающих в процессе трения и являющихся сложной функцией исходных свойств материалов и условий работы. В процессе трения желателен переход исходной структуры материала в новую фазу максимального упрочнения с ориентацией относительно направления перемещения (структурная приспособляемость). Технические показатели вторичных структур можно характеризовать их геометрическими параметрами – занимаемой площадью и глубиной, прочность – физическими параметрами и химическим составом.

На основании структурно-энергетической теории можно более точно сформулировать цель управления процессом износа – обеспечение устойчивости вторичных структур, расширение диапазонов нормальных механохимических и термохимических процессов, снижение их степени воздействия. Основой управления становится регулирование процессов путем изменения конструкторских, технологических и эксплуатационных средств.

Исходя из изложенного, можно сформулировать этапы изучения износа офсетных полотен. С одной стороны, необходимы исследования свойств исходных материалов, а с другой – определение характеристик поверхностных слоев в течение всего рабочего времени как функции количества полученных оттисков. Это тем более необходимо потому, что одним из важнейших факторов износа является продолжительность работы трибосистемы.

Согласно структурно-энергетической теории существуют три стадии износа деталей в течение времени работоспособности:

1. Начальный износ (приработка) – переход от исходного состояния к установившемуся рабочему.

2. Установившийся износ – протекающий с постоянной скоростью, характерной для данных условий.

3. Усиленный (катастрофический) износ – потеря деталью рабочих свойств.

Проведение исследований с учетом структурно-энергетической теории в полиграфическом

производстве при изучении и практическом предотвращении износа офсетных полотен позволит достигнуть предельной износостойкости материалов, обеспечить более высокую производительность труда в печатном процессе, гарантировать высокое качество всего тиража издания.

Технологические свойства офсетного полотна. Офсетное резинотканевое полотно представляет собой композицию из нескольких слоев тканевого материала с односторонним резинотканевым покрытием, которое в процессе печати воспринимает краску с печатающих элементов печатной формы и передает ее на бумагу. Верхний краскопередающий слой, нанесенный на тканевый каркас, изготовлен из комбинации каучуков с различными свойствами. В процессе печати верхний слой постоянно соприкасается с печатной формой и бумагой, на него наносится краска, увлажняющий раствор, а после печати он подвергается обработке средствами для очистки и восстановления. Следовательно, чтобы полотно сохраняло свои свойства и быстро не изнашивалось, материалы из которых изготовлен краскопередающий слой, должны быть стойкими к истиранию и другим механическим воздействиям, к старению под воздействием света, нагревания и различных химических веществ: растворителей печатных красок, смывочных растворов и т. д. [2–4].

Резинотканевое офсетное полотно должно компенсировать микронеровности печатной формы и запечатываемого материала. После сжатия оно должно быстро восстанавливаться, возвращаться в первоначальное состояние. Чтобы соблюдать эти требования современные офсетные полотна содержат компрессионный слой, который повышает сопротивляемость к сдавливанию при перегрузках и позволяет восстанавливать первоначальную толщину. Это означает, что будет деформироваться компрессионный слой, а не тканевая основа.

Офсетное полотно должно иметь определенную поверхностную структуру, чтобы оно воспринимало и передавало необходимое количество краски. Однако, поверхность резинотканевого полотна не должна быть слишком шероховатой, так как переход краски с печатной формы на офсетное полотно и с офсетного полотна на запечатываемый материал будет неполным и появятся искажения при печати растровых изображений. Чем меньше неровностей на верхнем слое полотна, тем меньше будет искажаться изображение при передаче с печатной формы на бумагу. Поверхность краскопередающего резинового слоя обрабатывают, чтобы удалить избыточную шероховатость.

Несмотря на меры, направленные на сохранение срока службы, офсетное полотно выходит

из строя, как правило, не из-за старения, а в результате повреждений или перегрузок. Подобные повреждения возникают или на небольшом участке полотна или на всей поверхности [2, 3].

Целью данной работы является построение и исследование статистической модели износа офсетного полотна.

Моделирование износа офсетного полотна.

Если для характеристики поверхности структуры офсетного полотна использовать показатель фрактальной размерности, то можно предположить, что он будет каким-либо образом изменяться в процессе износа полотна.

В работе [5] приведена зависимость фрактальной размерности поверхности офсетного полотна D_s от количества листопрогонов L . Зависимость построена по трем точкам для офсетного полотна марки Toraz фирмы Phoenix. Количество листопрогонов изменялось от 1 до 1 млн. На начальной стадии работы офсетного полотна происходит его приработка, фрактальная размерность возрастает и принимает значение 2,52, что соответствует 100 тыс. листопрогонов. Однако, по мере приближения к предельному состоянию износа фрактальная размерность уменьшается и принимает значение 2,36 [6].

Следует отметить, что приведенная в работе [5] зависимость фрактальной размерности поверхности полотна от количества листопрогонов требует доработки, так как характер поведения офсетного полотна в диапазоне листопрогонов от 100 тыс. до 1 млн. прогнозировался предположительно. Для того чтобы более точно описать изменение фрактальной размерности поверхности полотна в данном диапазоне листопрогонов, используем функцию жизненного цикла (ФЖЦ). Основанием для этого являются позитивные результаты применения ФЖЦ для прогнозирования тиражестойкости печатных форм [7].

Воспользуемся аналитическим представлением ФЖЦ следующего вида [8]:

$$L = \frac{A}{1 + 10^{a-bW}}, \quad (1)$$

где A – асимптота ФЖЦ; a и b – параметры задачи; W – износ, который эквивалентен изменению ΔD_s .

Для определения параметров a и b преобразуем (1), нормировав L на асимптоту A :

$$a - bW = \lg(1 - L) - \lg(L). \quad (2)$$

По зависимости фрактальной размерности от количества листопрогонов можно определить значения L в середине и в конце жизненного цикла. В результате на основе (2) получается система уравнений:

$$\begin{cases} a - bW_1 = \lg(1 - L_1) - \lg(L_1), \\ a - bW_2 = \lg(1 - L_2) - \lg(L_2). \end{cases} \quad (3)$$

Значение L_1 составляет 0,833, а W_1 равняется 0,170, что относится к данным, соответствующим 1 млн. листопрогонов. Значение L_2 составляет 0,370, а W_2 равняется 0,074, что соответствует середине функции. Результатом решения системы уравнений (3) являются значения параметров a и b функции (1). Значение асимптоты A задается 1200 тыс. листопрогонов. Расчеты были произведены в математическом программном пакете MathCAD. Получены следующие результаты: $a = 0,947$; $b = 9,678$.

Зависимость изменения фрактальной размерности офсетного полотна в результате износа от количества листопрогонов описывается функцией обратной по отношению к функции жизненного цикла (1), и представлена на рис. 1.

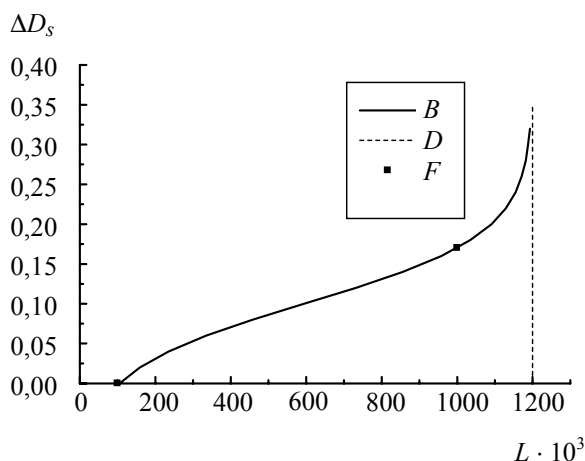


Рис. 1. Зависимость изменения фрактальной размерности офсетного полотна от количества листопрогонов: B – теоретическая функция; D – асимптота; F – данные эксперимента

Зависимость фрактальной размерности от количества листопрогонов с учетом полученных параметров представлена на рис. 2.

На рис. 1 можно выделить три стадии износа офсетного полотна. Диапазон до 200 тыс. листопрогонов соответствует приработке офсетного полотна, далее при 200–900 тыс. листопрогонов имеет место его нормальная работа, после 900 тыс. листопрогонов происходит потеря технологических свойств полотна.

Для проверки теоретических представлений о закономерностях износа офсетного полотна был проведен лабораторный эксперимент, в котором использовался метод определения сопротивления истиранию при скольжении. Сущность метода заключается в истирании образцов, прижатых к абразивной поверхности вращающегося

с постоянной скоростью диска, при постоянной нормальной силе, и определении показателей сопротивления истиранию. При проведении исследования использовался прибор типа МИ-2 для определения сопротивления истиранию при скольжении. Схема данного прибора представлена в ГОСТ 426–77 [9].

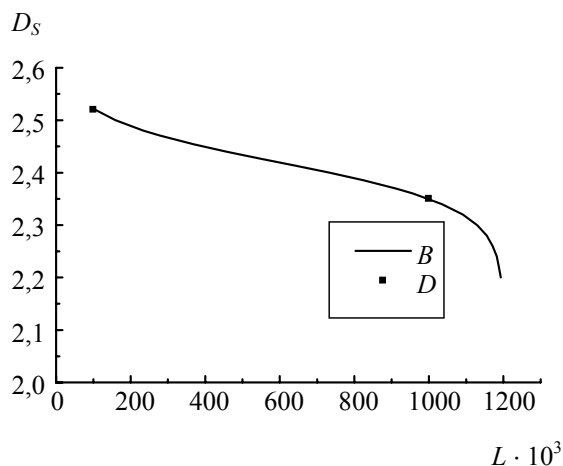


Рис. 2. Зависимость фрактальной размерности офсетного полотна от количества листопрогонов:

B – теоретическая функция;

D – данные эксперимента

На диске прибора закреплялась шлифовальная шкурка. Диск вращался в вертикальной плоскости. Неравноплечий рычаг удерживал на себе две рамки-держателя, в которых с помощью винтов закреплялись образцы. На рычаге закреплялся грузовой стержень, который проходил через полый вал и обеспечивал прижим рычага с образцами к диску. Расстояние между центром каждого образца и осью стержня составляло 68 мм. Прижим осуществлялся постоянным грузом, подвешенным к стержню при помощи троса, перекинутого через ролик. Для остановки машины имеется конечный выключатель, который срабатывает через определенное число оборотов диска.

Для проведения эксперимента были взяты образцы офсетного полотна Vulcan Eco фирмы Reeves и офсетного полотна Advantage Plus фирмы Sava.

Офсетное полотно Vulcan Eco является универсальным типом офсетной резины, оно может применяться на листовых печатных машинах с широким диапазоном запечатываемых материалов. Равномерное по толщине полотно позволяет снизить давление натиска и работать с полужестким и жестким декем, что повышает равномерность и точность передачи оттиска. Резинотканевое покрытие увеличивает устойчивость рабочего слоя к механическому

износу. Остальные слои обработаны специальными составами, придающими полотну особую стойкость к смывочным и увлажняющим растворам. Шероховатость поверхности составляет $Ra = 0,8–1,2$ мкм, твердость по Шору – 67–73 Shore A.

Офсетное полотно Advantage Plus также является универсальным компрессионным резинотканевым полотном, которое может применяться в высокоскоростных листовых печатных машинах. Согласно информации производителя, внешний слой повышает олиофильные свойства и устойчивость к химически активным веществам, упрощает процесс смывки и очистки полотна, а также противодействует набуханию его поверхности. Поверхность позволяет воспроизводить растровые точки с высокой четкостью, мелкие штриховые элементы, добиваться высокой градационной передачи, а также обеспечивает нормативное значение растискивания растровой точки и помогает добиваться высокой точности привода при многокрасочной печати. Шероховатость поверхности составляет $Ra = 0,6–0,9$ мкм, твердость по Шору – 79–80 Shore A.

Для исследования из офсетного полотна были вырезаны по два образца необходимого размера. Образцы закреплялись в рамках-держателях прибора и подвергались истиранию. Образцы взвешивались через определенное количество оборотов диска с шлифовальной шкуркой. Марка шлифовальной шкурки 14A8NM55 соответствует ГОСТ 6456–75. Показателем истирания являлось относительное изменение удельной массы образцов m .

Зависимость износа образцов офсетного полотна по массе W_m от количества циклов испытания N представлена на рис. 3.

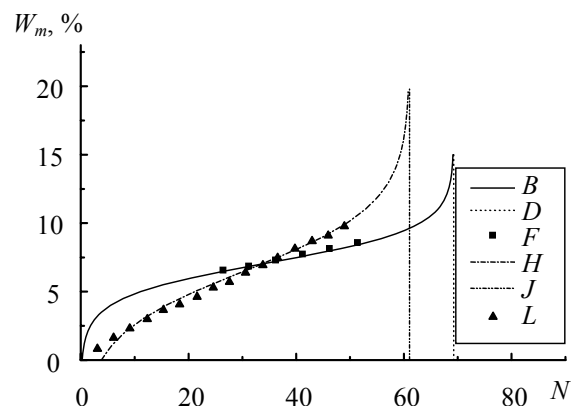


Рис. 3. Зависимость износа образцов офсетного полотна по массе

от количества циклов испытания: образец 1:

B – теоретическая функция; F – данные эксперимента;

D – асимптота; образец 2: H – теоретическая функция;

L – данные эксперимента; J – асимптота

Значения параметров функции износа для образцов офсетного полотна

Номер образца	Исследуемый материал	Вид износа	Значения параметров			Значения критерия Фишера	
			A , циклов	b_0	N_0	расчетные, F_p	табличные, F_t
1	Офсетное полотно Vulcan Eco	По массе, удельный, %	69,236	$11,000 \cdot 10^{-3}$	0,250	1,113	5,050
2	Офсетное полотно Advantage Plus	По массе, удельный, %	60,048	$6,808 \cdot 10^{-3}$	3,800	1,013	2,400

Обработка данных проводилась с использованием методики приведенной в [7]. Зависимость износа W от количества циклов испытания представлена функцией

$$W(N) = \frac{1}{Ab_0} \ln \left[\frac{(A - N_0)N}{N_0(A - N)} \right]. \quad (4)$$

При обработке экспериментальных данных значения параметров функции (4) A , b_0 , N_0 определялись с помощью метода наименьших квадратов. Результаты расчетов приведены в таблице.

Анализируя зависимости, приведенные на рис. 3, следует отметить, что износ образцов полотна имеет 3 классических стадии, однако их характер отличается.

Полотно Vulcan Eco более шероховатое и менее твердое по отношению к Advantage Plus. Поэтому на первой стадии износа полотна Vulcan Eco абразивным образом сошлифовываются микронеровности и далее наступает продолжительная стадия установившегося износа. Полотно Advantage Plus более твердое и менее шероховатое, поэтому первая стадия износа у него менее выражена. Износ происходит практически с постоянной скоростью.

Таким образом, офсетное полотно Advantage Plus является менее износостойким, чем офсетное полотно Vulcan Eco. Процесс износа офсетного полотна Advantage Plus имеет более интенсивный характер. Об этом свидетельствует и меньшее значение параметра b_0 . Как следует из формулы (4) параметр $1/b_0$ характеризует кинетику износа.

Асимптота A является характеристикой предельного значения износа материала. Величина асимптоты зависит от структуры и качества материалов, используемых при изготовлении офсетного полотна. Как свидетельствуют данные таблицы, у полотна Advantage Plus значение асимптоты меньше, чем у Vulcan Eco. Меньшее значение асимптоты для Advantage Plus означает, что данное офсетное полотно потеряет технологические свойства быстрее, чем Vulcan Eco, несмотря на то, что до 30 циклов износ у полотна Advantage Plus был ниже. Таким образом, полотно Advantage Plus может быть рекомендовано для печатания продукции имеющей относительно малые тиражи, но к качеству которой предъявляются повышенные требования.

Заключение. В результате проведения исследования износа офсетного полотна построена модель износа полотна с помощью функции жизненного цикла. Адекватность модели износа офсетного полотна подтверждена экспериментально. Данная модель позволяет учитывать поведение офсетного полотна во время процесса печати. Результаты моделирования могут быть использованы в дальнейшем для исследования баланса краски в офсетном способе печати.

Литература

1. Розум, О. Ф. Управление тиражестойкостью печатных форм / О. Ф. Розум. — Киев: Тэхніка, 1990. — 128 с.
2. Марогулова, Н. Н. Расходные материалы для офсетной печати / Н. Н. Марогулова, С. И. Стефанов. — М.: Русский университет, 2002. — 240 с.
3. Зоренко, О. В. Зносостійкість офсетних гумотканинних полотнищ: вплив на тиражну якість відбитків / О. В. Зоренко, А. Гавриш // Упаковка. — 2008. — № 4. — С. 56–59.
4. Розум, О. Ф. Декелі в офсетному друкарському процесі / О. Ф. Розум, О. В. Зоренко. — Київ: Київський університет, 2008. — 168 с.
5. Кулак, М. И. Методы теории фракталов в технологической механике и процессах управления: полиграфические материалы и процессы / М. И. Кулак, С. А. Ничипорович, Д. М. Медяк. — Минск: Белорусская наука, 2007. — 419 с.
6. Любимов, В. Фрактальний аналіз поверхні офсетних полотнищ / В. Любимов, О. Величко, О. Зоренко // Технологія і техніка друкарства. — 2004. — № 4. — С. 24–28.
7. Кулак, М. И. Прогнозирование тиражестойкости печатных форм / М. И. Кулак, О. В. Сидельник // Труды БГТУ. — 2012. — № 9: Издат. дело и полиграфия. — С. 18–22.
8. Ничипорович, С. А. Анализ жизненного цикла комплекта основного технологического оборудования предприятий / С. А. Ничипорович, Е. С. Мирончик, О. В. Барушко // Труды БГТУ. Сер IX, Издат. дело и полиграфия. — 2007. — Вып. XV. — С. 61–64.
9. Резина. Метод определения сопротивления истиранию при скольжении: ГОСТ 426–77. — Взамен ГОСТ 426–66; введ. 18.02.77. — М.: Издательство стандартов, 1977. — 8 с.

Поступила 26.03.2013

УДК 655.3.06

И. Г. Громыко, кандидат технических наук, доцент (БГТУ);
Д. А. Титов, магистрант (БГТУ)

ВЗАИМОСВЯЗЬ ГРАДАЦИОННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОТТИСКОВ ГЛУБОКОЙ ПЕЧАТИ

Статья посвящена оценке качества оттисков глубокой печати на основе градационных характеристик и информационного подхода. Приведены градационные кривые оттисков, полученные при разных значениях линиатуры растра. Определены значения линиатуры растра по вертикали и горизонтали для заданных углов гравировки ячеек. Рассчитана информационная емкость для заданных углов гравировки ячеек формного цилиндра, а также выявлена взаимосвязь градационных и информационных характеристик оттисков.

The article is devoted to the evaluation of the quality of intaglio printing on the basis of gradation characteristics and informational approach. Shows the gradation curves of prints obtained at different screen frequency. The values of the screen frequency vertical and horizontal angles for specific engraving cells. Calculated data capacity for given angles of the gravure cylinder engraving cells, and found the relationship gradation and information characteristics of prints.

Введение. Отличительной особенностью способа глубокой печати является возможность получения высококачественных оттисков. Данный способ предназначен для выпуска многокрасочных иллюстрированных изданий большими тиражами, а также для печати на упаковочных материалах. Глубокая печать позволяет получить более широкий цветовой охват, который достигается за счет различной толщины красочного слоя при воспроизведении полутонов. Также оттиски имеют большой контраст в тенях изображения. Использование ячеек, имеющих разный размер и глубину, позволяет достичь максимального качества при воспроизведении практически любых цветных оригиналов.

На результат печатного процесса большое влияние оказывает структура ячеек формного цилиндра, а также разновидности методик гравирования. Узел глубокой печати предусматривает регулировку трех составляющих: вязкости краски, угла наклона ракеля и давления натиска. Главные сложности заключаются в операциях допечатной подготовки и гравирования формных цилиндров, определяющих будущие значения краскопереноса, линиатуры растра и разрешения. В настоящее время технологии гравирования позволяют учесть глубину, диаметр и форму ячеек, определяющих краскоперенос и качество печатной продукции [1].

Чем глубже ячейка фиксированного диаметра, тем выше объем переносимой краски, толщина и оптическая плотность красочной пленки. Слишком глубокие ячейки могут не полностью заполняться краской, а в слишком мелких может происходить подсыхание краски.

Увеличить диаметр ячейки можно одновременно уменьшив ее величину и объем. Достижимая оптическая плотность останется той же за счет большего процентного покрытия по-

верхности. Чем меньше диаметр, тем выше линиатура растра (слишком маленькая ячейка хуже заполняется и отдает краску). Соответственно, с понижением линиатуры диаметр ячейки растет, но слишком крупная ячейка перестает удерживать краску, дестабилизируя процесс краскопереноса.

Круглые, сферические ячейки характерны для лазерного гравирования, ромбовидные, пирамидальные – для электромеханического. Круглые ячейки проще отдают краску, а пирамидальные точнее ее дозируют [1].

Основная часть. Для получения печатной продукции высокого качества очень важна гравировка ячеек. Диапазон углов наклона растра в глубокой печати ограничен геометрией ячейки. Электромеханическое гравирование позволяет использовать углы 30–60°. Углы гравирования для триадных красок отличаются максимум на 10°, поэтому для предупреждения возникновения муара изменяют не только угол наклона растра, но и линиатуру.

В частности, голубая и черная краски имеют очень близкие углы поворота, но разную линиатуру. Это неизбежно приводит к образованию муара в отдельных зонах изображения на участках, где присутствуют растровые фрагменты обеих красок. Аналогичная ситуация характерна для желтой краски, которая образует муар как с голубой, так и с пурпурной, но, имея высокую светлоту, не так сказывается на качестве изображения [1].

В процессе изготовления печатных форм гравировка всех растров происходит при одинаковой частоте, однако изменяется скорость перемещения гравировальной головки, а также скорость вращения цилиндра.

Для получения сжатой формы ячейки (угол гравирования 30°) цилиндр вращается с меньшей